

## Värmebehandling av ekollon (*Quercus robur* L) och dess påverkan på grobarhet och vitalitet hos unga plantor



**Nils-Erik Norrby**

Handledare: Magnus Löf, SLU Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap

Eric Agestam, SLU Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap

---

Sveriges lantbruksuniversitet

Examensarbete nr 292

Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap

Alnarp 2018

---



## Värmebehandling av ekollon (*Quercus robur* L) och dess påverkan på grobarhet och vitalitet hos unga plantor



**Nils-Erik Norrby**

Handledare: Magnus Löf, SLU Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap

Eric Agestam, SLU Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap

Examinator: Matts Lindbladh, SLU Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap

---

Sveriges lantbruksuniversitet

Examensarbete nr 292

Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap

Alnarp 2018

Examensarbete i Biologi, SLU kurskod EX0279, 30hp, Avancerad nivå (A2E)

---

### ***Omslagsbilder***

Ovan till vänster: Ekollon faller ofta i en miljö som är rik på mikroorganismer och där mikroklimatet kan uppvisa stora variationer. Foto: förf. 2016.

Ovan till höger: Mätning av längden från marknivå till och med toppskott hos ekplantor i Falkenberg 2017. Foto: förf. 2017.

Nedan till vänster: Ekplanta sådd vid Suderbys på Gotland 2017. Foto förf. 2017.

Nedan till höger: Ekplantor i Falkenberg i juni 2016. Foto förf. 2017.

## Abstract

Regeneration of pedunculate oak, *Quercus robur*, is hampered due to uneven supplies of acorns, infectious fungi and a generally low germination percentage of acorns. Aerated steam treatment was tested on acorns collected in southeast Sweden in order to determine if this method improves germination. Aerated steam treatment is a method developed to disinfect seeds from pathogens through the use of aerated steam and is used commercially in seeds of rice, cereals and vegetables. Acorns subjected to aerated steam treatment were sown at a nursery and germination percentage and the vitality of plants were evaluated. The results show that aerated steam treatment performed with low energy intensity can significantly increase the germination percentage of acorns and does not affect the vitality of plants.

**Keywords:** Oak, pedunculate oak *Quercus robur*, acorn, aerated steam treatment, germination, vitality



## Innehållsförteckning

Abstract .....	3
Innehållsförteckning .....	5
Sammanfattning .....	6
English summary .....	7
Inledning.....	9
Material och metod.....	12
Resultat.....	18
Diskussion .....	24
Tack .....	28
Referenser.....	29
Tabellbilaga .....	32
Bildbilaga .....	34

## Sammanfattning

Angrepp från svampar som utvecklas i lagerutrymmen kan leda till betydande förluster av ekollon från skogsek, *Quercus robur*. Grobarheten vid plantskolor kan uppgå till 50 % och svårigheterna att bedriva en rationell produktion av ekplantor anses vara betydande. Det finns därför ett behov att utveckla metoder som kan förbättra kvalitén på ekollon som används vid produktion av ekplantor och som kan öka grobarheten.

Traditionellt har ekollon behandlats mot svampangrepp genom nedsänkning i varmvatten eller med kemiska bekämpningsmedel. Dessa metoder har också använts under flera decennier vid behandling av spannmålsutsäde, men har under 2000-talet delvis kommit att ersättas av en ny teknik för värmebehandling. Denna teknik innebär att vattenånga som tillförs i ett luftflöde under en bestämd tid används för att bekämpa utsädesburna patogener på termisk väg. Genom processtyrning kan energimängd och luftflöde anpassas till enskilda arter och fröpartier. De tre ingående parametrarna temperatur, luftflöde och ånginnehåll kan sammanfattas som ”energiintensitet” och uttryckas som ”energi mängd per kubikmeter luft”.

Övergången från varmvattenbehandling och kemiska bekämpningsmedel till värmebehandling av spannmålsutsäde gav upphov till frågan om denna teknik också var möjlig att använda på ekollon från skogsek och om detta skulle påverka grobarhet och vitalitet hos plantor. Ekollon från skogsek insamlades därför hösten 2016 från fyra provenienser i sydöstra Sverige, värmebehandlades och såddes vid en plantskola. Behandlade ekollon såddes parallellt med ett obehandlat försöksled med ekollon från samma provenienser.

Värmebehandling utfördes i fem försöksled där hög energiintensitet och låg energiintensitet kombinerades med kort behandlingstid, medellång behandlingstid och lång behandlingstid. Vidare behandlades partier av ekollon där samtliga ekollon hade sprickor i det yttersta fröskalet, *exocarp*, i fyra försöksled där hög energiintensitet och låg energiintensitet kombinerades med kort behandlingstid och lång behandlingstid. Syftet var att studera om förekomst av sprickor i *exocarp* påverkar grobarhet och vitalitet hos plantor efter värmehandling.

Insamling, sortering och sådd av ekollon samt efterföljande odlingsåtgärder skedde enligt etablerade rutiner vid produktion av täckrotsplantor. Grobarhetsprocent beräknades i juni 2017 baserat på antalet uppkomna plantor och ekollon som endast utvecklat grodd eller rot. Vitalitet hos uppkomna plantor bedömdes genom mätning av höjdlängd (plantans längd från marknivå till och med toppskott), stambredd, antal löv samt förekomst av ekollon med fler än 1 stam. Längdmätning av grodden hos ekollon som grott men inte gett upphov till en planta utfördes parallellt med dessa mätningar.

Resultatet visar att värmehandling hade en påverkan på grobarheten hos ekollon från skogsek. Värmebehandling vid en låg energiintensitet under en kort eller medellång behandlingstid gav en signifikant högre grobarhet jämfört med obehandlade frön. En låg energiintensitet under en lång behandlingstid, en hög energiintensitet under en kort behandlingstid och hög energiintensitet under en lång behandlingstid gav signifikant lägre grobarhet. Flera av de



försöksled som behandlades med hög energiintensitet gav få eller inga plantor. Resultaten hos försöksled där samtliga ekollon haft sprickor i exocarp var samstämmiga med övriga försöksled. Detta tyder på att effekten av värmebehandling inte påverkades beroende på om exocarp hade sprickor eller inte.

De medelvärden som användes för att analysera skillnader i höjdlängd, stambredd och antalet löv med hjälp av parvisa t-test gav i flera fall statistiskt signifikanta skillnader, men resultaten är svårtolkade. De skillnader i medelvärden som låg till grund för parvisa t-test var i praktiskt hänseende små. Bedömningen är att värmebehandling inte påverkade vitaliteten hos plantor.

Sammanfattningsvis indikerar resultaten att gränserna för den energiintensitet som ekollon tål vid värmebehandling finns inom ramarna för den behandling som utförts.

Värmebehandling har inte tidigare genomförts på ekollon eller andra recalcitranta frön. Jämförelser av effektiviteten mellan värmebehandling och de metoder som traditionellt används vid behandling av ekollon förutsätter samma försöksupställning och försöksutsäde. Praktiska aspekter kan dock tala till fördel eller nackdel för olika metoder.

## English summary

Growth of fungi during storage can lead to significant losses of acorns from pedunculate oak, *Quercus Robur* L. It is normal that germination percentage of acorns in nurseries is 50 % thus reducing the possibility to develop an effective production of oak seedlings. There is a need to develop methods that can improve the quality of acorns used at nurseries and increase the germination percentage.

Traditionally, acorns have been pre-treated against fungus by submersion in hot water, i. e. “hot water treatment”, or through application of fungicides. These methods have also been used for decades when pretreating cereal seed, but have during the 21th century partly been replaced with a new method called “aerated steam treatment”. Aerated steam treatment is a method developed to thermally disinfect seeds of cereal grain, through the use of aerated steam applied during a specific time length. Through process control, airflow and the amount of energy carried by steam can be adjusted to certain species and portions of seed. The three parameters; temperature, airflow and steam content, can be summarized as “energy intensity” and are expressed as “amount of energy per cubic meter of air”.

The transition from hot water treatment and fungicides to aerated steam treatment on cereals led to the question whether this method would also be possible to apply on acorns from pedunculate oak and if it would affect germination. Therefore, acorns were collected from four provenances in southeast Sweden, treated with aerated steam treatment and sown at a nursery. Treated acorns were sown parallel to a control group from the same provenances.

Aerated steam treatment was conducted in five test groups where high energy intensity and low energy intensity were combined with short treatment duration, intermediary duration and long duration. Furthermore, acorns where all specimens had cracks in the outer seed cover, i. e. *exocarp*, were tested in four control groups where high energy intensity and low energy intensity were combined with short treatment duration and long duration. The aim was to study if germination and plant vitality after aerated steam treatment is affected by occurrence of cracks in exocarp.

Collection, sorting and sowing of acorns and following measures taken at the nursery were performed following established routines in nursery production of oak seedlings. Germination percentage was counted in June 2017 based on the number of plants and the number of acorns that had only developed sprouts. Vitality was evaluated through measurement of stem length, stem diameter, number of leaves, and occurrence of seedlings with more than one stem and measurement of root length among acorns that had sprouted but not developed a plant.

The results show that aerated steam treatment had an effect on the germination of acorns from pedunculate oak. Aerated steam treatment conducted with low energy intensity during a short or intermediary duration gave a significant increase in germination compared to the untreated acorns. Treatment with low energy intensity during a long duration, high energy intensity during a short duration and high energy intensity during a long duration gave a significant decrease in germination. Several of the test groups where aerated steam treatment was conducted with high energy intensity gave few or no plants. The results from test groups where all acorns had cracks in exocarp were similar to results from equivalent test groups in the study (i. e. test groups treated with the same energy intensity and duration). This indicates that aerated steam treatment did not affect germination and vitality depending on whether there were cracks in exocarp or not.

Significant differences occurred between test groups and the control group concerning stem length, stem diameter, number of leaves, occurrence of plants with more than one stem, and root length. These results were based on mean values that were insignificant from a practical standpoint. The results did not indicate that the viability of plants was affected by aerated steam treatment.

In summary, the results indicate that boundary lines for the energy intensity that acorns can endure during aerated steam treatment are to be found within levels used during the present study.

Trials with aerated steam treatment of acorns from pedunculate oak or seeds from other recalcitrant seeds have previously not been performed. Comparisons between the efficiency of aerated steam treatment and the methods traditionally used for pretreatment of acorns demand that the same experimental trial and seeds from the same source be used. Practical implications of different methods can however be discussed.

# Inledning

Tillgången på ekollon från skogsek, *Quercus Robur* L, för produktion av ekplantor hämmas av en skiftande fröproduktion som kan variera kraftigt mellan olika år. Variationer i fröproduktion mellan olika år påverkas av väderlek, ojämn blomning och insektsangrepp (Birkedal & Madsen 2007, Dahlen 2017, Nyholm 1992, Finch-Savage 2003) men orsakerna är inte helt klarlagda (Johnson 2002). När ekollon fallit till marken kan predation från däggdjur och svampangrepp reducera mängden ekollon ytterligare. Efter insamling av ekollon för produktion av ekplantor vid plantskolor är det inte ovanligt att svampangrepp under lagringstiden fram till sådd reducerar antalet ekollon ytterligare. Av de ekollon som slutligen används av plantskolor är det normalt att endast 50 % gror (muntl. Henriksson 2016, Jensen 2016, Örlander 2016). Enligt Nyholm 1986 kan en grobarhet mellan 30 % och 70 % förväntas vid produktion av ekplantor vid plantskolor. En ojämn tillgång till ekollon, svampangrepp vid lagring och en låg grobarhetsprocent gör det problematiskt att bedriva en rationell produktion som kan täcka den svenska efterfrågan på ekplantor från inhemska provenienser. Detta leder till import av ekollon och plantor från andra länder, som kan ha sämre hårdighet än inhemskt plantmaterial (muntl. Henriksson 2016, Jensen 2016, Örlander 2016). Utveckling av metoder som kan förbättra tillgången på ekollon från Sverige och ge en ökad odlingssäkerhet anses därför som angelägen. Problem med tillgången till ekollon och en låg grobarhet förekommer också i andra länder (Dahlén 2017, Johnson et al. 2002, Suszka 1994).

Frön hos kärlväxter kan delas in två grupper; recalcitranta frön och ortodoxa frön. Recalcitranta frön definieras som uttorkningskänsliga frön där en lägre vattenhalt i fröet i regel försämrar lagringsdugligheten. Ortodoxa frön definieras som uttorkningstoleranta frön där en lägre vattenhalt i regel förbättrar lagringsdugligheten. Det finns också arter vars frön inte kan definieras som vare sig recalcitranta eller ortodoxa (Suszka 1994, Nyholm 1992). Ytterligare indelningar av recalcitranta frön är föreslagna (Nyholm 1992).

Ekollon är recalcitranta frön. De är känsliga för uttorkning, låga temperaturer och brist på syre (Nikolic et al. 2010, Poulsen 1992, Suszka et al. 1996, Doody & O'Reilly 2008). Den täta strukturen hos exocarp kan begränsa ekollonets möjligheter att ta upp vatten och syre (Doody & O'Reilly 2008, Suszka et al. 1994, Tadeusiewicz 2017). Vattenhalten hos ekollon vid lagring bör vara mellan 40 % och 48 % och får inte understiga 40 %. En lagringstemperatur av -1°C till -2 °C anses optimal för att begränsa metabolismen i fröet och förhindra groning (Knudsen 1992, Suszka et al. 1994). Luftfuktigheten vid lagring i kylrum bör vara förhöjd (muntl. Knudsen 2017, Nyholm 1986). Ekollon behöver ingen vintervila eller förbehandling för att gro, men vinterlagring vid en temperatur av -1°C kan ge en högre grobarhet (Suszka 1994). Sådd av ekollon kan ske utomhus på hösten eller i krukor som förvaras i kyllager under vintern. Ekollon kan också förvaras i kyllager utspridda i tunna lager med eller utan inblandning av olika substrat, eller i säckar som placeras i vattendrag med ett flöde av syrerikt vatten. Skillnader i grobarhet beroende på vattenhalt, infektionsgrad inför lagring, samt beroende på typ av substrat som blandats med ekollon vid lagring har uppmätts (Suszka et al.

1994). Temperaturökning i förhållande till den tid som uppvärmningen pågår efter vinterlagring kan också påverka grobarheten (Suszka et al. 1994).

Lagringstemperaturer strax under nollstrecket och en hög vattenhalt hos ekollon ger förutsättningar för utveckling av svampar vid lagring av ekollon (Bild 1, 2). Sporsäckssvampen *Ciboria batschiana* infekterar nötter inom släktet *Quercus* och hos hästkastanj, *Castanea sativa*. I vetenskaplig litteratur förekommer två synonyma namn för *Ciboria batschiana*; *Rhacodiella castaneae* samt *Sclerotinia pseudotuberosa*. I det följande används endast namnet *Ciboria batschiana*. *Ciboria batschiana* anses vara en av de främsta orsakerna till förlust av nötter inom släktet *Quercus* och hästkastanj, men är endast en av flera svamparter som kan försämra lagringsduglighet och grobarhet (Vettraino 2004, Knudsen et al. 2004). Symptomen vid angrepp av *Ciboria batschiana* är att nötterna övergår i en svart färg och ruttnar invändigt samtidigt som ett gråfärgat mycel utvecklas. Hos ekollon framträder angrepp av *Ciboria batschiana* ofta i form av långsgående sprickor i pericarp (Schröder et al. 2004, Suszka et al. 1994, muntl. Knudsen 2017). *Ciboria batschiana* har en tvåårig livscykel och infekterar under första året mogna ekollon på marken med svampsporer. Dessa sporer utvecklar fruktkroppar på angripna ekollon. Fruktkropparna bildar sporer som under nästa år sprids till nya ekollon (Suszka et al. 1994). Det finns studier som tyder på att *Ciboria batschiana* också kan infektera ekollon i trädkronan före frömnad (Vettraino 2004).

Angrepp av *Ciboria batschiana* på ekollon i lager kan motverkas med kemiska bekämpningsmedel eller genom nedsänkning i varmvatten med en temperatur av +41°C under 2 till 2,5 h (Finch-Savage 2003, Suszka et al. 1994, muntl. Knudsen 2017). Varmvattenbehandling kan också ske vid lägre temperatur under en längre tid (Delatour 1978). Varmvattenbehandling vid en temperatur av 35 °C till 40 °C under 2,5 h kan ge en grobarhetsprocent av 85 % i jämförelse med 60 % hos ett obehandlat led (Knudsen et al. 2004). Denna ökning anses ha ett samband med reducerade angrepp av *Ciboria batchiana*. Kemiska bekämpningsmedel kan användas enskilt eller genom applikation efter varmvattenbehandling (Finch-Savage & Knudsen et al. 2004., Finch-Savage 2003., Suszka et al. 1994). Försök har också visat att behandling med olika bakteriekulturer kan motverka skadesvampar (Knudsen et al. 2004).

Angrepp av utsädesburna patogener vid lagring av fröer förekommer hos många kulturväxter. Dessa kan ge upphov till försämrade lagringsduglighet, lägre grobarhetsprocent och nedsatt vitalitet hos fröet om detta ska användas som utsäde, samt hälsorisker om användningsområdet är foder eller livsmedel. Detta gäller inte minst hos traditionella spannmålsslag som vete, korn och råg. Två huvudsakliga metoder utvecklades och användes under 1900-talet för att motverka patogener i spannmålsutsäde. Dessa metoder var nedsänkning av spannmål i varmvatten samt behandling med kemiska bekämpningsmedel, i dagligt tal benämnda som ”betningsmedel”. Varmvattenbehandling var tids- och arbetskrävande och svår att rationalisera. Användande av kemiska bekämpningsmedel innebar miljö- och hälsorisker och var inte tillåtna inom ekologisk produktion. Det fanns därför i slutet av 1900-talet ett intresse av att ersätta dessa metoder med ny teknik.

Tekniska framsteg inom kvalitetsteknik ledde till förbättrade möjligheter att övervaka och styra variation inom uppsatta toleranser i tillverkningsprocesser enligt metodpaket som benämndes ”statistisk processkontroll” eller ”statistisk processtyrning”. Detta möjliggjorde i slutet av 1990-talet utveckling av ny teknik för värmebehandling av utsädesburna patogener på spannmålsutsäde. I den teknik som utvecklades tillfördes vattenånga till ett fröparti i ett reglerat luftflöde under en bestämd tid (Johnsson 2005, Schuck 2012).

Vid värmebehandling kan de tre ingående parametrarna temperatur, luftflöde och ånginnehåll sammanfattas som ”energiintensitet” och uttryckas som ”energimängd per kubikmeter luft” (muntl. Forsberg 2017). Det är värme som bekämpar patogener när värmebehandling används, men värmepåverkan överförs till fröet genom ånga. Mängden ånga är därför av betydelse för behandlingseffekten (muntl. Forsberg 2017). Genom processtyrning kan energiintensiteten anpassas till förutsättningar hos enskilda arter och fröpartier (Schuck 2012). Värmebehandling omfattas av patent och tekniska specifikationer är inte offentliga.

Jämförelser mellan värmebehandling och kemiska bekämpningsmedel på spannmålsutsäde avseende effekter på uppkomst, beståndstäthet, smittograd och skörd under autentiska produktionsförhållanden i Sverige har inte visat några statistiska skillnader mellan dessa behandlingsmetoder. Behandlingseffekten vid värmebehandling anses bero på att behandlade sjukdomar har en lägre värmetolerans än utsädet och genom att metoden skonar fröembryot genom selektiv exponering av infekterade delar av kärnan (Johnsson 2005). Värmebehandling utgör idag ett etablerat alternativ till kemiska betningsmedel vid produktion av spannmålsutsäde. Resultaten från användning av metoden har lett till ett intresse att testa värmebehandling på andra typer av frö. Hit hör bland annat grönsaksfröer, bönor och ekollon från korkek, *Quercus suber* (muntl. Alness 2016, Schuck 2016).

Den ojämna tillgången till ekollon, problemen vid lagring och den låga grobarheten vid produktion av ekplantor gjorde att jag 2015 undrade om värmebehandling kunde vara en möjlighet att komma tillrätta med dessa problem. Skulle det vara möjligt att uppnå liknande resultat som vid behandling av spannmål? Frågan ledde till att jag under 2016 fick hjälp av företaget Incotec Sweden AB, som sedermera bytt namn till ThermoSeed Global AB, att värmebehandla ekollon. Jag sådde därefter de ekollon som behandlats, samt ett kontrollerat, vid Södra Skogsplantors plantskola i Falkenberg i Hallands län.

I detta examensarbete redovisas resultat från försök med sådder av ekollon från provenienser i Kalmar län i sydöstra Sverige som värmebehandlats vid olika energiintensitet. Målsättningen var att studera om värmebehandling påverkar grobarheten hos ekollon från skogsek i jämförelse med ett obehandlat led. Syftet var också att studera vitaliteten hos plantor som drivits upp från värmebehandlade ekollon enligt i övrigt etablerade rutiner vid kommersiell produktion av täckrotsplantor.

## Material och metod

Skogsek, *Quercus Robur* L, tillhör familjen bokväxter, fagaceae, som hör hemma i norra halvklotets tempererade regioner samt i tropikernas bergstrakter. Släktet *Quercus* omfattar cirka 400 arter med ständigt gröna eller lövfällande träd och buskar (Johnson et al. 2002). I Europa förekommer 27 arter i släktet *Quercus*. Två av dessa arter; skogsek, *Quercus robur*, samt bergek, *Quercus petraea* (Matt.) Liebl., är naturligt förekommande i Sverige (Hultengren et al. 1997.) Inom traditionell växtsystematik har skogsek och bergek ansetts kunna hybridisera, men frågan är omstridd (Aas 1993).

Skogseken kan i Sverige nå en höjd av 25 meter och förekommer som solitär på öppna marker, i skogsbildande bestånd och i blandskogar. Skogsek har under lång tid använts för virkesproduktion till många ändamål (Hultengren et al. 1997, Ekstrand 2016) och har ekonomisk betydelse för skogsindustrin i Sverige och Europa (Ekstrand 2017, Suszka et al. 1994). Även i Nordamerika har arter inom släktet *Quercus* ekonomisk betydelse för skogsindustrin (Johnson et al. 2002). Föryngring av skogsek sker inom skogsbruket i form av självföryngring, sådd eller plantering. Ekplantor drivs också upp till parker och grönytor samt för naturvårdsändamål (Fiskesjö 2006, Sjöman & Slagstedt 2015).

Skogsek är tvåkönad och blommar i slutet av maj. Hanblommorna sitter i långa hängen, främst på föregående årsskott, medan honblommorna är uppräta och utgår från årsskottets övre bladveck (Vedel et al. 2002). Skogsekens blad är strödda och släta med 5 till 7 flikar på varje sida. Bladen är bredast ovanför mitten och sitter på mycket korta skaft. Skogsekens frukt utgörs av ovala nötter, som benämns ekollon, med en längd av 3 till 8 cm (Mossberg & Stenberg 1997). Ena kortsidan hos ekollon har en tillplattad form och den andra är rundad. Under den rundade delen finns anlaget till blivande grodd och skott. I det följande åsyftar ”ekollon” om inget annat anges endast ekollon från skogsek.

Ekollon innehåller ett frö utan frövita. Mogna ekollon består av ett yttre fröskal, *pericarp*. *Pericarp* omger ett tvådelat embryo där varje halva kallas för en *kotyledon*. *Pericarp* omger också en *primrot*, *hypokotyl* och *epikotyl*. *Hypokotylen* är den del av ett frö som svarar för längdtillväxten hos roten, där *primroten* är dess yttersta spets. *Epikotylen* svarar för längdtillväxten hos skottet (Widen & Widen 2008). *Primrot*, *hypokotyl* och *epikotyl* finns mellan *kotyledonerna* i den rundade kortsidan av ett ekollon. Varje *kotyledon* består av en oval yttersida och en inre rak sida. *Kotyledoner* fungerar som näringsupplag för ekollon under frövila och när fröet bildar en planta (Xiaogai et al. 2010). *Pericarp* byggs upp av tre distinkta skikt av olika tjocklek som består av olika typer av celler. Tjockleken hos olika skikt kan variera mellan olika genotyper (Nikolia 2010). Det yttersta skiktet benämns *exocarp*. Under *exocarp* följer *mesocarp* och närmast *kotyledonerna* finns *endocarp* (Bonner & Vozzo 1987, Nikolia et al. 2010). *Exocarp* är utgörs av celler som formar ett styvare fröskal. *Mesocarp* och *endocarp* utgörs i jämförelse av mjukare skikt. Ekollon mognar i slutet av september och i början av oktober. Vid frömognad skiftar ekollonen från grönt till en karakteristisk mörkbrun färg och faller till marken.

De ekollon som skulle värmebehandlas och de ekollon som skulle utgöra obehandlat försöksled insamlades i Kalmar län mellan den 20 oktober och den 1 november 2016. Insamling av ekollon skedde vid fyra lokaler belägna i Borgholm, Kalmar och Oskarshamns kommun. Urvalet av lokaler baserades på Skogsstyrelsens rikslängd över godkända frötäktsbestånd, lokal kännedom om miljöer med riklig förekomst av skogsek och genom fältbesök för att bedöma tillgången på ekollon 2016. Koordinater och höjd över havet (m ö. h.) för respektive proveniens framgår i Tabell 1.

Tabell 1. Koordinater och höjd över havet (m ö. h.) för respektive proveniens där ekollon som i försöket insamlades.

<b>Lokaler, insamling av ekollon 2016</b>	<b>Sweref99 TM (nord, öst)</b>	<b>m ö. h.</b>
Färjestaden, Möllstorp	6281514, 591313	13
Kalmar, Hagbygårde	6282314, 580225	10
Oskarshamn,		
Döderhultsdalen	6348237, 586006	10
Kristdala, Idrottsplatsen	6361881, 571686	71

Ekollon insamlades under ett flertal träd vid varje lokal. Insektsangripna, spruckna, intorkade eller på annat sätt skadade ekollon sorterades i största möjliga utsträckning bort vid insamlingstillfället. Detta gällde också ekollon som grott samt ekollon som inte uppvisade en typisk mörkbrun färg. Insamlade ekollon placerades i nätsäckar i portioner om 5 till 10 kg och lagrades utomhus under tak på träspjäll som tillät ett luftflöde runt säckarna. Dessa vändes regelbundet för att förhindra värmeutveckling. Sortering för att avlägsna angripna och skadade ekollon som inte upptäckts vid insamling inleddes omgående. Vid sortering skedde en genomgång av samtliga ekollon enligt samma kriterier som vid insamling i fält. Samtliga ekollon flotterades i samband med sortering. Flottering innebär att ekollon placeras i vatten varvid skadade ekollon tenderar att flyta upp till ytan och kan sorteras bort, medan friska ekollon sjunker till botten.

I syfte att få en uppfattning om andelen ekollon från respektive proveniens som hade sprickor i exocarp, var insektsangripa eller hade andra skador som gjorde att jag ansåg mig behöva sortera bort dessa, valde jag slumpmässigt ut 200 ekollon från varje proveniens. Jag räknade därefter de ekollon som jag valt att sortera bort. Andelen ekollon i procent som sorterades bort p.g.a. skador varierade mellan 1 % och 16 % beroende på proveniens (Tabellbilaga 2). Andelen ekollon med sprickor i exocarp varierade mellan 29 % och 69 % (Tabellbilaga 2). Efter avslutad sortering vägdes ett slumpmässigt urval av 200 ekollon från respektive proveniens. Vikten hos 200 st. ekollon varierade mellan 702 g och 940 g beroende på proveniens (Tabellbilaga 3).

Från varje proveniens gjorde jag fyra slumpmässiga urval om vardera 3 kg sorterade ekollon vilka blandades med samma mängd ekollon vardera från övriga tre proveniens. Därmed skapades en blandning om 12 kg ekollon med lika delar ekollon från samtliga proveniens.

Denna blandning delades på hälften där den ena halvan fortsättningsvis kom att utgöra ett obehandlat försöksled. Återstående 6 kg delades upp i fyra portioner om 1,5 kg vardera.

Vid sorteringen av ekollon upptäckte jag ett betydande antal ekollon som av okänd orsak utvecklat sprickor i exocarp på dess rundade del, ovanför den punkt där primrot, hypokotyl och epikotyl finns. Jag undrade därför om dessa ekollon skulle påverkas annorlunda av att utsättas för värmebehandling än ekollon där exocarp var slutet. I syfte att besvara denna fråga valdes 400 ekollon ut där samtliga ekollon hade sprickor i exocarp. Dessa 400 ekollon delades in i fyra grupper om 100 ekollon vardera.

Jag transporterade sorterade ekollon till Incotecs laboratorium i Uppsala där de placerades i kylkammare med en temperatur av +6 till +8 °C. Personal vid Incotec värmebehandlade den 2 november 2016 dessa ekollon. Behandlingen utfördes med laboratorieutrustning avsedd för försök med värmebehandling. Denna utrustning medgav behandling av mellan 450 och 550 gram ekollon vid samma tillfälle, vilket motsvarar ca 120 ekollon. Behandlingen skedde genom att ekollon efter uttag från kylkammare och rumstemperering placerades i en cylinder. Energiinnehåll, mätt i  $\text{kJ/m}^3$ , samt vatteninnehåll mätt i  $\text{kg/m}^3$ , reglerades. En viss omrörning av ekollonen gjordes med hjälp av teknik som möjliggör en lätt skakning av cylindern i syfte att uppnå en maximal jämnhet i behandlingen. Värmebehandlingen genomfördes enligt en försöksplan där hög energiintensitet och låg energiintensitet kombinerades med kort behandlingstid (två minuter), medellång behandlingstid (fyra minuter) och lång behandlingstid (sex minuter). De 400 ekollon som valts ut på grund av sprickor i exocarp värmebehandlades i fyra försöksled om 100 ekollon vardera enligt en försöksplan där låg energiintensitet och hög energiintensitet kombinerades med kort behandlingstid (två minuter) och lång behandlingstid (sex minuter). Försöksleden värmebehandlades enligt nedanstående kombinationer, där den mängd eller det antal ekollon som ingick vid varje behandling anges först och den förkortning som används i följande text anges sist inom parentes:

450 - 550 g ekollon: *låg energiintensitet ( $325 \text{ kJ/m}^3$  och vatteninnehåll  $0,103 \text{ kg/m}^3$ ) – kort behandlingstid (2 minuter) (låg-kort)*

450 - 550 g ekollon: *låg energiintensitet ( $325 \text{ kJ/m}^3$  och vatteninnehåll  $0,103 \text{ kg/m}^3$ ) – medellång behandlingstid (4 minuter) (låg-medel)*

450 - 550 g ekollon: *låg energiintensitet ( $325 \text{ kJ/m}^3$  och vatteninnehåll  $0,103 \text{ kg/m}^3$ ) – lång behandlingstid (6 minuter) (låg-lång)*

450 - 550 g ekollon: *hög energiintensitet (energiinnehåll  $1003 \text{ kJ/m}^3$  och vatteninnehåll  $0,343 \text{ kg/m}^3$ ) – kort behandlingstid (2 minuter) (hög-kort)*

450 - 550 g ekollon: *hög energiintensitet (energiinnehåll  $1003 \text{ kJ/m}^3$  och vatteninnehåll  $0,343 \text{ kg/m}^3$ ) – lång behandlingstid (6 minuter) (hög-lång)*



100 ekollon med sprickor i exocarp, förkortat ”sp.”.: *låg energiintensitet* ( $325 \text{ kJ/m}^3$  och vatteninnehåll  $0,103 \text{ kg/m}^3$ ) – kort behandlingstid (2 minuter) (**sp. låg-kort**)

100 ekollon sp.: *låg energiintensitet* ( $325 \text{ kJ/m}^3$  och vatteninnehåll  $0,103 \text{ kg/m}^3$ ) – lång behandlingstid (6 minuter) (**sp. låg-lång**)

100 ekollon sp.: *hög energiintensitet* (energiinnehåll  $1003 \text{ kJ/m}^3$  och vatteninnehåll  $0,343 \text{ kg/m}^3$ ) – kort behandlingstid (2 minuter) (**sp. hög-kort**)

100 ekollon sp.: *hög energiintensitet* (energiinnehåll  $1003 \text{ kJ/m}^3$  och vatteninnehåll  $0,343 \text{ kg/m}^3$ ) – lång behandlingstid (6 minuter) (**sp. hög-lång**)

Försöksledet låg-medel ingick inte i den ursprungliga försöksplanen. Därför ingick inget försöksled med ekollon med sprickor i exocarp som behandlades vid låg energiintensitet och medellång behandlingstid.

Samtliga partier av ekollon som användes i respektive försöksled vägdes före och efter behandling (Tabell 2). Begränsningar i kapaciteten hos den utrustning som användes vid värmebehandling ledde till att varje försöksled behandlades uppdelat på två tillfällen.

Efter behandling rumstempererades frömaterialet och placerades i kylkammare med en temperatur av  $+6$  till  $+8$  °C. Transport av ekollon skedde ett par dagar senare vid en lagringstemperatur av  $+2$  °C till Helsingborg och därefter vid  $+15$  °C till Södra skogsplantors plantskola i Falkenberg, där ekollonen fortsatte att förvaras i kylager fram till sådd. Från och med att ekollonen levererades till plantskolan och fram till den 2 juni 2016 utfördes de arbetsmoment och odlingsåtgärder som beskrivs i det följande enligt rutiner som normalt används vid produktion av ekplantor i Falkenberg.

I november 2016 sådde jag och personal vid Södra skogsplantor sammanlagt 2642 ekollon i plastbrätten med torvmull, varav 1024 st. utgjordes av obehandlade ekollon och 1618 st. av behandlade ekollon (Tabell 3).

Sådd av ekollon skedde i torv där 2 till 3 kg kalk per kubikmeter tillförts. Plastbrätten där varje kruka rymmer 150 ml torv användes. Ett ekollon placerades i varje kruka. Sådd skedde för hand genom att varje ekollon trycktes ned i ytskiktet till ett djup som motsvarade ekollonets tjocklek. Brätten med sådder fördelades i grupper på metallramar där olika försöksled i möjligaste mån hölls samman. Efter att sådden av ekollon avslutats ställdes samtliga sådder in i ett kylrum och förvarades där fram till april 2017 vid en temperatur mellan  $+2$  °C och  $+3$  °C och en luftfuktighet av ca 90 %.

Under den första veckan i april 2017 flyttades sådderna till ett växthus där temperaturen hölls vid  $+20$  °C. Den 22 maj placerades samtliga sådder utomhus och täcktes med skuggväv. Under april, maj och juni vattnades sådderna en till tre gånger per vecka med hjälp av en bevattningsramp. Under denna period tillfördes växtnäring, NPK 19-4-20 med Lt-värde 0,7

(ledningstal), vid två tillfällen. Växtnäringen blandades med vatten och tillfördes vid bevattning.

Från den 2 juni till den 8 juni 2017 genomförde jag mätningar av samtliga försöksled. Antalet plantor som kommit upp räknades, liksom det antal ekollon som grott men endast gett upphov grodd eller rötter. Den senare beräkningen skedde genom att samtliga sådder som inte gett upphov till plantor grävdes upp. Mätningarna omfattade höjdlängd, vilket här definieras som plantans längd från marknivå till och med toppskottet. Höjdlängd mättes eftersom många plantor lutade. Mätningar av avståndet från marken till och med toppskottet hade därför blivit missvisande. Övriga mätningar omfattade stamdiameter, antalet blad samt groddens eller rotens längd hos ekollon som inte gett upphov till plantor. Antalet plantor som gett upphov till flera stammar, samt antalet ekollon som inte kunde återfinnas, noterades.

Chi-två-test ( $\chi^2$ test) och parvisa t-test genomfördes för att bedöma om det fanns signifikanta skillnader mellan obehandlade och behandlade försöksled. En signifikant skillnad innebär i detta examensarbete att det är mindre än 5 % chans att slumpen orsakat skillnaden mellan obehandlat och behandlat led. Chi-två-test genomfördes för att bedöma om det fanns signifikanta skillnader i grobarhetsprocent mellan obehandlat försöksled och respektive behandlat försöksled. Parvisa t-test genomfördes för att bedöma om det fanns signifikanta skillnader i plantornas höjdlängd, stamdiameter och antalet blad mellan obehandlat försöksled och respektive behandlat försöksled. Parvisa t-test genomfördes också för att bedöma om det fanns signifikanta skillnader i längden hos grodd eller rot mellan ekollon som endast gett upphov till grodd eller rot i obehandlade försöksledet och respektive behandlat försöksled.

Beräkning av standardavvikelse genomfördes för medelvärden avseende höjdlängd, stambredd, antalet löv hos plantor samt groddens eller rotens längd hos ekollon som endast gett upphov till grodd eller rot. Standardavvikelse beräknades inte för försöksleden hög-kort samt sp. hög-kort på grund av det låga antalet plantor i dessa led.

Av totalt 2642 sådda ekollon utgick 113 stycken från försöket eftersom dessa inte gick att återfinna (Tabellbilaga 4). Vid analys av resultat från olika försöksled ingick 2529 sådder som kvarstod sedan 113 ekollon utgått från försöket. Medeltal som redovisas i det följande bygger om inget annat anges endast på antalet ekollon som grott.

Tabell 2. Vikt hos ekollon i behandlade försöksled före och efter värmebehandling. Observera att försöksleden låg-kort, låg medel, låg-lång, hög-kort och hög-lång behandlades uppdelat på två tillfällen.

<b>Försöksled</b>	<b>Vikt (g) behandling</b>	<b>Vikt (g) efter behandling</b>	<b>Viktskillnad (%)</b>
låg-kort	525,73	526,98	+0,24
låg-kort	523,28	524,70	+0,27
låg-medel	525,24	526,25	+0,19
låg-medel	522,94	524,17	+0,23
låg-lång	522,14	522,96	+0,16
låg-lång	521,97	522,55	+0,11
hög-kort	523,89	525,78	+0,36
hög-kort	523,20	524,94	+0,33
hög-lång	523,42	524,98	+0,30
hög-lång	522,03	524,12	+0,40
sp. låg-kort	494,78	496,23	+0,29
sp. låg-lång	474,17	475,29	+0,24
sp. hög-kort	488,16	490,32	+0,44
sp. hög-lång	451,06	453,34	+0,50

Tabell 3. Antal sådda ekollon i olika försöksled samt antal ekollon som sorterats bort vid sådd

<b>Försöksled</b>	<b>Antal sådda ekollon</b>	<b>Antal bortsorterade ekollon vid sådd</b>
obehandlat	1024	3
låg-kort	239	1
låg-medel	240	5
låg-lång	240	2
hög-kort	252	1
hög-lång	247	5
sp. låg-kort	100	0
sp. låg-lång	100	0
sp. hög-kort	100	0
sp. hög-lång	100	0
<i>Summa</i>	2642	17

## Resultat

Andelen ekollon i obehandlat led som gett upphov till plantor, inklusive antalet ekollon som endast gett upphov till grodd eller rot, motsvarade en grobarhet av 88,4%. I behandlade försöksled varierade grobarheten mellan 0 % och 97,0 % (Figur 1, Tabellbilaga 1).

Chi-två-test för att jämföra grobarhet mellan obehandlat led och respektive behandlat försöksled visade signifikanta skillnader mellan obehandlat led och samtliga behandlade led (Tabell 4). Försöksleden låg-kort, låg-medel samt sp. låg-kort gav en signifikant högre grobarhet än obehandlat led. Försöksleden låg-lång, hög-kort, hög-lång, sp. låg-lång, sp. hög-kort samt sp. hög-lång hade en signifikant lägre grobarhet jämfört med obehandlat led.

Resultat från parvisa t-test för variablerna höjdlängd (plantans längd från marken till och med toppskottet), stamdiameter, antal löv och längd hos grodd eller rot visas i Tabell 5.

Höjdlängden hos plantor i obehandlat led uppgick till i medeltal 11,9 cm och varierade hos behandlade led mellan 2,0 cm och 11,0 cm (Figur 2). Stamdiametern hos obehandlat led uppgick till i medeltal 2,1 mm och varierade hos behandlade led mellan 1,0 och 2,4 mm (Figur 3). Antalet löv hos plantor i obehandlat försöksled uppgick till medeltal 5,5 st. och varierade mellan 3,0 och 6,3 st. hos behandlade led (Figur 4). Groddens eller rotens längd hos ekollon i obehandlat led som inte gav upphov till plantor uppgick till i medeltal 8,0 cm (Figur 5). Hos behandlade led varierade groddens eller rotens längd mellan 5,0 cm och 9,3 cm. Andelen plantor med fler än 1 stam hos obehandlade försöksled uppgick till 2,7 % och varierade i behandlade led mellan 1,1 % och 7,8 % (Figur 6).

Med undantag av försöksledet sp. låg-kort fanns krukor i samtliga försöksled där inget ekollon kunde hittas när jag grävde upp sådder med syftet att mäta längden hos en eventuell grodd eller rot hos ekollon som inte gett upphov till en planta. Andelen ekollon som inte kunde återfinnas varierade mellan 1,3 % och 14,6 % (Tabellbilaga 4).

Andelen ekollon som endast gav upphov till grodd eller rot hos obehandlat led uppgick till 3,4 %. Hos behandlade försöksled varierade andelen ekollon som endast gav upphov till grodd eller rot mellan 0 % och 18 % (Figur 7).

### ***Förklaring av Figur 1 till 7***

I Figur 1 till 7 redovisas resultat från beräkning av grobarhetsprocent hos sådder av ekollon i olika försöksled samt resultat i form av medelvärden från mätningar av plantor och uppgrävda ekollon. I de fall stapeldiagram saknas har antalet plantor eller ekollon uppgått till noll. I de fall standardavvikelse inte anges har antalet plantor varit obefintligt eller så pass lågt att det inte ansetts relevant att beräkna detta.

De mätvärden som redovisas är höjdlängd (definierat som plantans längd från marken till och med toppskottet), stambredd, antal löv, längd hos grodd eller rot hos uppgrävda ekollon, samt

antalet plantor som utvecklat fler än 1 stam. Medelvärden baseras om inget annat anges endast på antalet plantor och/eller antalet sådder som gett upphov till en grodd eller rot. Stapeln längst till vänster i varje figur visar det obehandlade försöksled som ingått i försöket. Därefter redovisas varje behandlat försöksled, som förkortats *låg-kort*, *låg-medel*, *låg-lång*, *hög-kort*, *hög-lång*, *sp.låg-kort*, *sp. låg-lång*, *sp. hög-kort* och *sp. hög-lång*. Förkortningarna står för värmebehandlingar som skett under en viss tidslängd enligt nedanstående kombinationer:

**Låg-kort:** *låg energiintensitet ( $325 \text{ kJ/m}^3$  och vatteninnehåll  $0,103 \text{ kg/m}^3$ ) – kort behandlingstid (2 minuter)*

**Låg-medel:** *låg energiintensitet ( $325 \text{ kJ/m}^3$  och vatteninnehåll  $0,103 \text{ kg/m}^3$ ) – medellång behandlingstid (4 minuter)*

**Låg-lång:** *låg energiintensitet ( $325 \text{ kJ/m}^3$  och vatteninnehåll  $0,103 \text{ kg/m}^3$ ) – lång behandlingstid (6 minuter)*

**Hög-kort:** *hög energiintensitet (energiinnehåll  $1003 \text{ kJ/m}^3$  och vatteninnehåll  $0,343 \text{ kg/m}^3$ ) – kort behandlingstid (2 minuter)*

**Hög-lång:** *hög energiintensitet (energiinnehåll  $1003 \text{ kJ/m}^3$  och vatteninnehåll  $0,343 \text{ kg/m}^3$ ) – lång behandlingstid (6 minuter)*

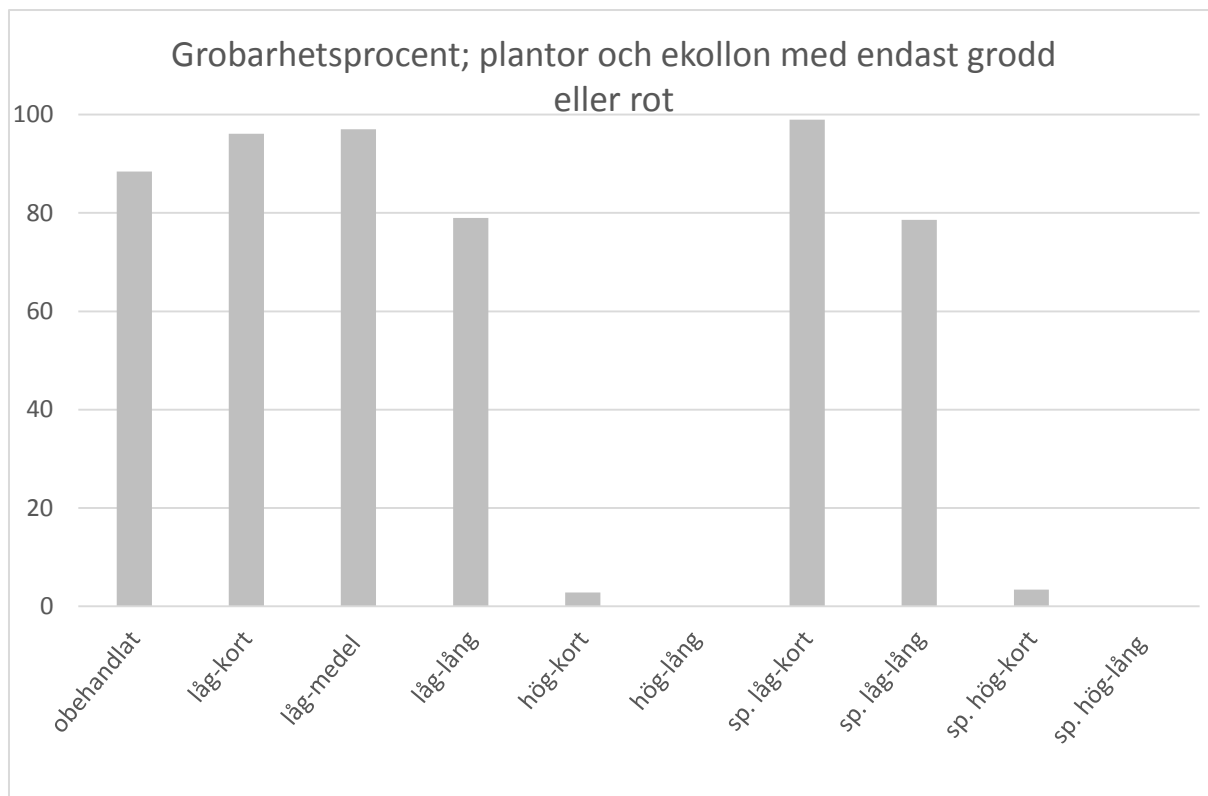
I följande försöksled är ”sp” en förkortning för ”sprickor i exocarp” och betyder att samtliga ekollon i försöksledet hade sprickor i exocarp inför sådd.

**Sp. låg-kort:** *låg energiintensitet ( $325 \text{ kJ/m}^3$  och vatteninnehåll  $0,103 \text{ kg/m}^3$ ) – kort behandlingstid (2 minuter)*

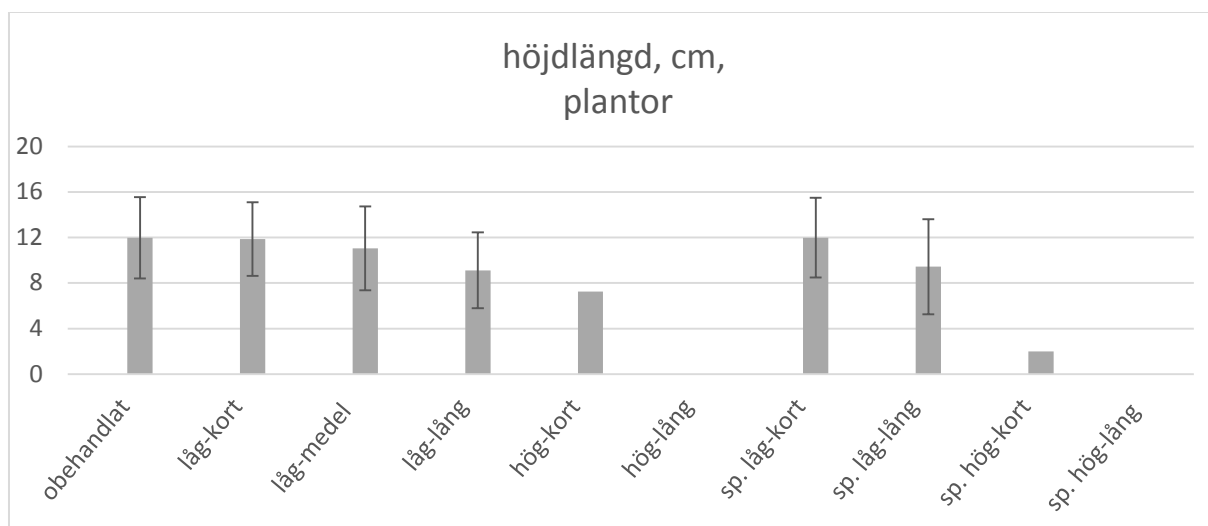
**Sp. låg-lång:** *låg energiintensitet ( $325 \text{ kJ/m}^3$  och vatteninnehåll  $0,103 \text{ kg/m}^3$ ) – lång behandlingstid (6 minuter)*

**Sp. hög-kort:** *hög energiintensitet (energiinnehåll  $1003 \text{ kJ/m}^3$  och vatteninnehåll  $0,343 \text{ kg/m}^3$ ) – kort behandlingstid (2 minuter)*

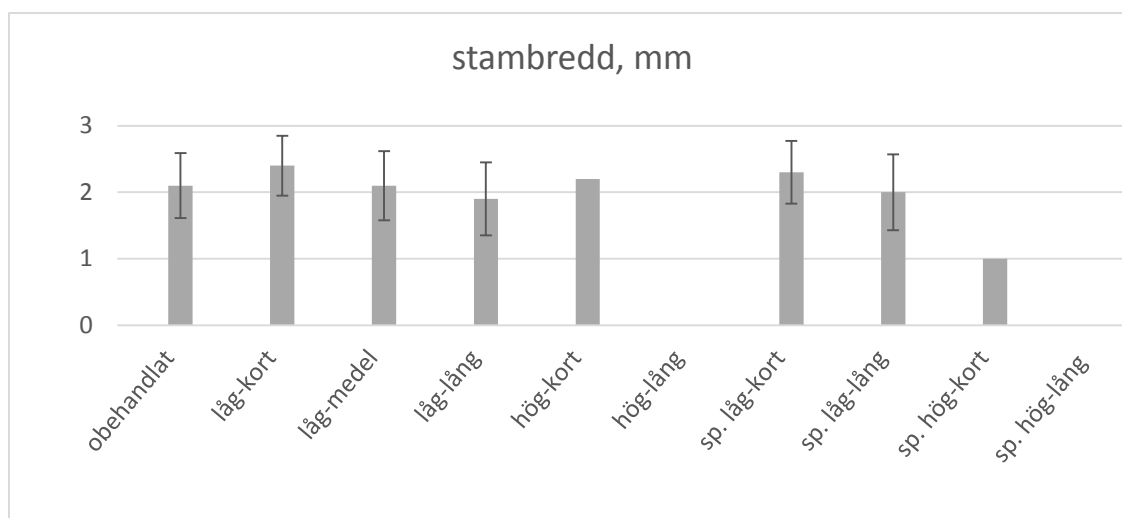
**Sp. hög-lång:** *hög energiintensitet (energiinnehåll  $1003 \text{ kJ/m}^3$  och vatteninnehåll  $0,343 \text{ kg/m}^3$ ) – lång behandlingstid (6 minuter)*



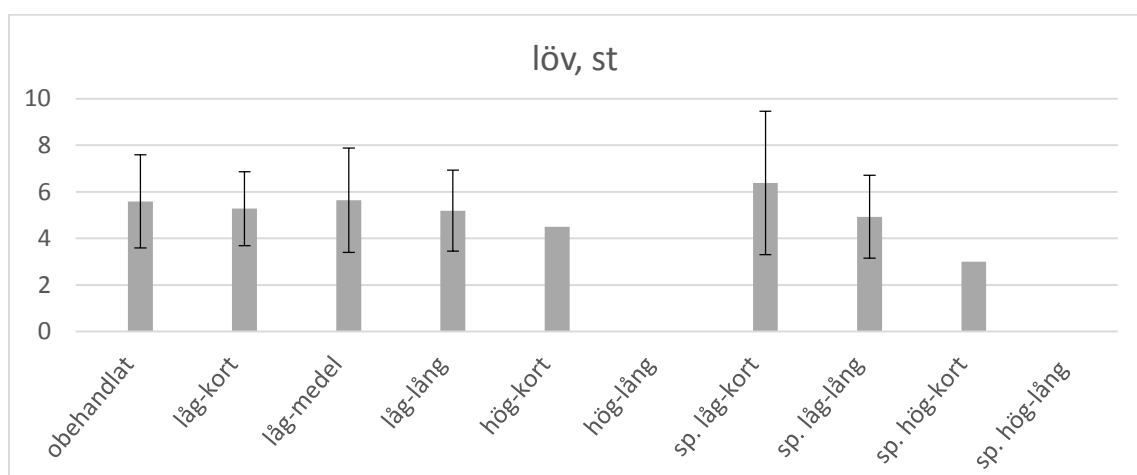
Figur 1. Grobarhetsprocent beräknad i juni 2017 utifrån sådder av 2642 ekollon i november 2016, exklusive 113 ekollon som inte kunde hittas i juni 2017. Procentandelen anges i tabellform i bilaga 1.



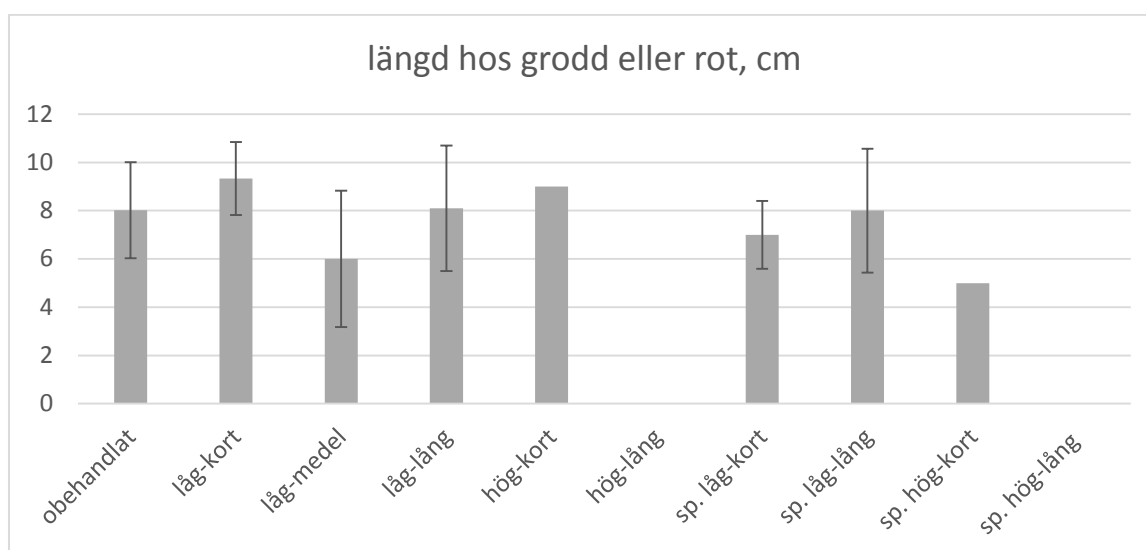
Figur 2. Höjdlängd i medeltal (cm) i juni 2017 (höjdlängd definierat som plantans längd från marken till och med toppskottet) beräknat utifrån antalet ekplantor, samt standardavvikelse.



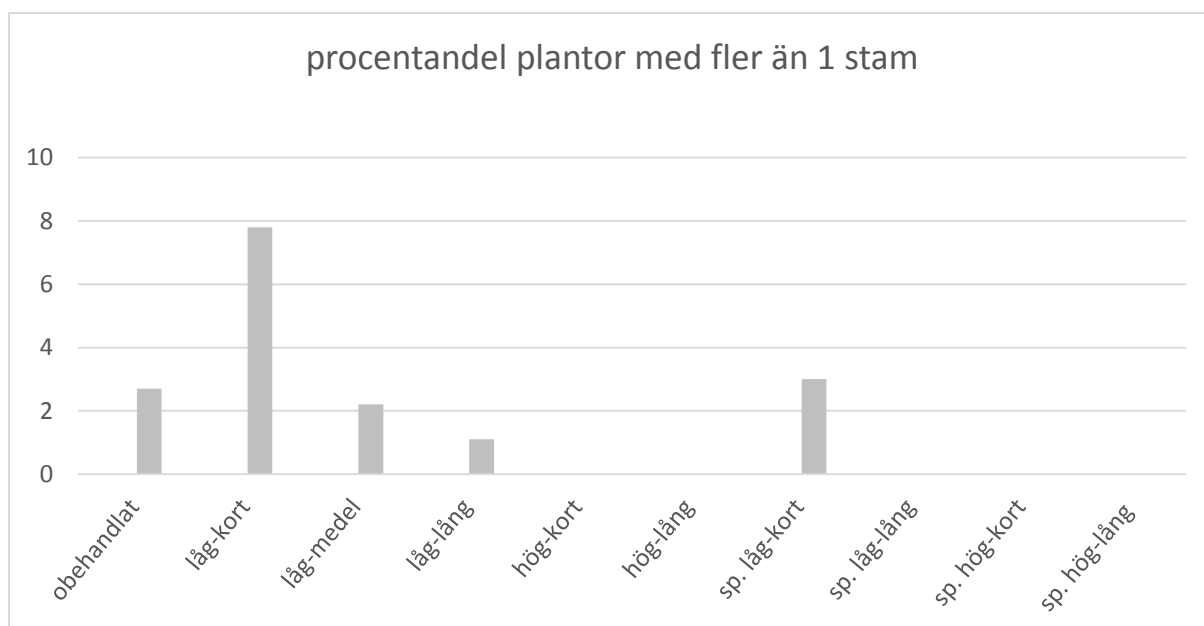
Figur 3. Stamdiameter (mm) i medeltal i juni 2017, beräknat utifrån antalet ekplantor, samt standardavvikelse.



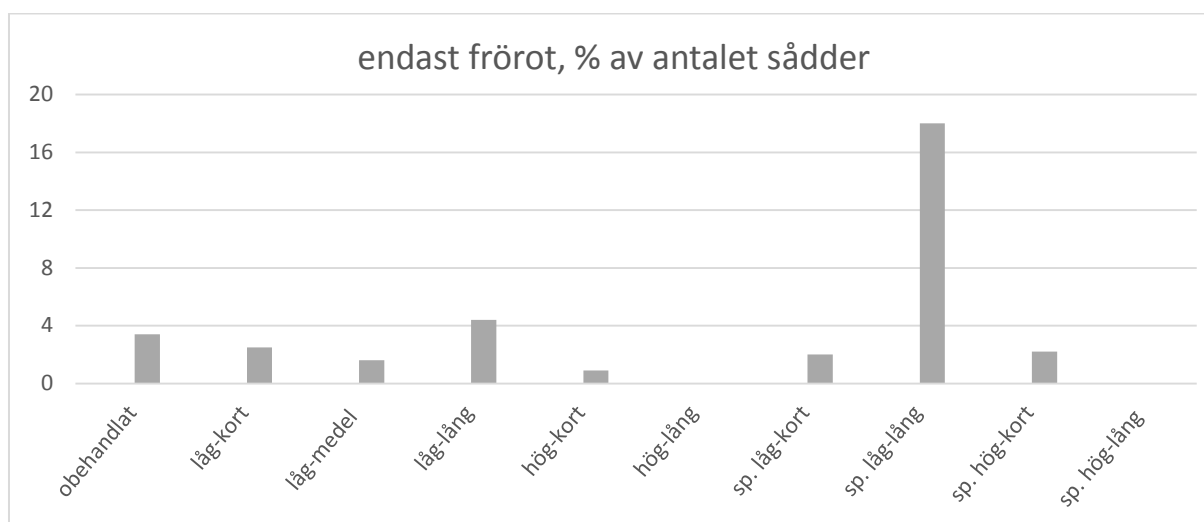
Figur 4. Antalet löv (st) i medeltal i juni 2017, beräknat utifrån antalet ekplantor, samt standardavvikelse.



Figur 5. Längd (cm) i medeltal hos grodd eller rot beräknat utifrån antalet ekplantor, hos ekollon som grävdes upp i juni 2017, samt standardavvikelse.



Figur 6. Procentandel plantor i juni 2017 som utvecklat fler än 1 stam, beräknat utifrån antalet ekplantor.



Figur 7. Procentandel sådder i juni 2017 som utvecklat en grodd eller rot men ingen planta, beräknat utifrån antalet ekplantor.



**Tabell 4.** Tabellen redovisar, inom parentes, grobarhetsprocent för obehandlat försöksled följt av grobarhetsprocent, inom parentes, för respektive försöksled. Därefter följer chi-två-värden ( $\chi^2$ test), samt p-värden efter chi-två-test. Slutligen redovisas min tolkning av vad respektive p-värde visar. Grobarhetsprocent har beräknats utifrån sådder av 2642 ekollon i november 2016, exklusive 113 ekollon som inte kunde hittas i juni 2017.

Grobarhetsprocent	$\chi^2$	p-värde	tolkning av p-värde
obehandlat (88,4) - låg kort (96,1)	12,286	<0,001	högre grobarhet i behandlat led
obehandlat (88,4) - låg medel (97,0)	15,855	<0,001	högre grobarhet i behandlat led
obehandlat (88,4) - låg lång (79,0)	14,052	<0,001	högre grobarhet i obehandlat led
obehandlat (88,4) - hög kort (2,7)	665,459	<0,001	högre grobarhet i obehandlat led
obehandlat (88,4) - hög lång (0,0)	721,717	<0,001	högre grobarhet i obehandlat led
obehandlat (88,4) - sp. låg kort (99,1)	10,729	<0,001	högre grobarhet i behandlat led
obehandlat (88,4) - sp. låg lång (78,5)	7,940	<0,001	högre grobarhet i obehandlat led
obehandlat (88,4) - sp. hög kort (3,4)	389,631	<0,001	högre grobarhet i obehandlat led
obehandlat (88,4) - sp. hög lång (0,0)	449,410	<0,001	högre grobarhet i obehandlat led

**Tabell 5.** Tabellen redovisar signifikans vid parvisa t-test som utfördes för att bedöma om det fanns signifikanta skillnader avseende höjdlängd, stamdiameter, antal löv samt längd hos grodd eller rot mellan obehandlat försöksled och behandlade försöksled. I de fall signifikans inte anges har t-test inte genomförts på grund av ett lågt eller obefintligt antal plantor. Medelvärden som ligger till grund för genomförda t-test baseras endast på antalet ekplantor och/eller antalet sådder som gett upphov till en grodd eller rot i juni 2017.

	höjdlängd	stamdiameter	antal löv	rotlängd
<b>obehandlat - låg kort</b>	ej signifikant	<b>signifikant</b>	<b>signifikant</b>	ej signifikant
<b>obehandlat - låg medel</b>	<b>signifikant</b>	ej signifikant	ej signifikant	ej signifikant
<b>obehandlat - låg lång</b>	<b>signifikant</b>	<b>signifikant</b>	<b>signifikant</b>	ej signifikant
<b>obehandlat - hög kort</b>				
<b>obehandlat - hög lång</b>				
<b>obehandlat - sp. låg kort</b>	ej signifikant	<b>signifikant</b>	ej signifikant	ej signifikant
<b>obehandlat - sp. låg lång</b>	<b>signifikant</b>	<b>signifikant</b>	ej signifikant	ej signifikant
<b>obehandlat - sp. hög kort</b>				
<b>obehandlat - sp. hög lång</b>				

## Diskussion

Resultatet visar att värmebehandling påverkar grobarheten hos ekollon från skogsek. Min tolkning är att grobarheten ökar efter värmebehandling vid en låg energiintensitet och minskar efter behandling vid en hög energiintensitet, men att behandlingstiden har betydelse för vilken påverkan en låg energiintensitet ger.

Låg energiintensitet kombinerat med kort eller medellång behandlingstid gav en signifikant högre grobarhet. Däremot gav en låg energiintensitet kombinerat med en lång behandlingstid signifikant lägre grobarhet. Min tolkning är att både energiintensitet och behandlingstid haft betydelse för grobarheten när låg energiintensitet använts, men att behandlingstidens inverkan gradvis ökat ju längre denna varit. Behandling med hög energiintensitet kombinerat med kort eller lång behandlingstid gav upphov till få eller inga plantor eller ekollon med grodd eller rot. Min tolkning är att energiintensitet varit avgörande för resultatet när hög energiintensitet använts. Sammantaget tolkar jag resultatet som att en ökad behandlingstid vid någon punkt överskuggar betydelsen av energiintensitet. En ökad energiintensitet kommer dock vid någon punkt att överskugga betydelsen av behandlingstid. Jag anser att gränserna för den energiintensitet ekollon tål vid värmebehandling finns inom ramarna för den behandling som utförts.

Jag anser att den högre grobarheten i försöksleden låg-medel, låg-kort samt sp. låg-kort i jämförelse med obehandlat led är anmärkningsvärd. Resultatet behöver dock ställas i relation till det faktum att även grobarheten hos obehandlat led var högre än vad som normalt är fallet vid plantskolor. Detta ger upphov till frågan hur resultatet sett ut om grobarhetsprocenten varit normal hos obehandlat led.

Grobarhetstest av skogsfrö i laboratorier normalt ger högre grobarhet än under verkliga produktionsförhållanden (Bonner & Vozzo 1987). Detta examensarbete har medgett en noggrannare kontroll av de ekollon som ingått i försöket än vad som normalt är fallet vid plantskolor. Jag anser att detta kan ha påverkat resultatet. För att minimera sådan påverkan i framtida försök kan ett alternativ vara att använda ekollon som levererats till plantskolor eller skogsägare utan en föregående plan att värmebehandla dessa.

När grobarhetsprocenten hos de fyra försöksled där samtliga ekollon hade sprickor i exocarp jämförs med försöksleden låg-kort, låg-lång, hög-kort och hög-lång, framgår att försöksleden låg-kort och sp. låg-kort gav högst grobarhet i respektive grupp. Grobarhetsprocenten minskade därefter i ungefär samma grad mellan dessa grupper när behandlingstiden förlängdes eller behandlingsintensiteten ökade, oavsett om det rörde sig om försöksled där samtliga ekollon hade sprickor i exocarp eller inte. Jag tolkar detta som att grobarhetsprocenten inte påverkades beroende på om det fanns sprickor i exocarp eller inte. Det ska dock tilläggas att även i försöksleden låg-kort, låg-lång, hög-kort och hög-lång fanns ekollon som hade sprickor i exocarp. Detta är en möjlig felkälla när resultatet i dessa led ska sättas i relation resultateten från försöksled där samtliga ekollon hade sprickor i exocarp.

Jag anser att den viktökning som kunde uppmätas hos samtliga försöksled när vikten före och efter värmebehandling jämfördes är värd att notera, trots att skillnaden i samtliga fall var marginell. Värmebehandling kan leda till en svag viktökning hos behandlade fröer (muntl. Schuck 2016). Personal vid Incotec såg inget ovanligt i att detta var fallet även hos ekollon. Noterbart är dock att viktökningen genomgående var större hos försöksled som behandlades med hög energiintensitet än hos försöksled som behandlats med låg intensitet.

Tjockleken hos exocarp, mesocarp och endocarp kan variera hos ekollon från olika genotyper (Nikolik 2010). Jag gjorde inga mätningar för att bedöma om signifikanta skillnader i tjockleken hos dessa cellager förekom hos ekollon som ingick i försöket. I framtida försök anser jag att det kan vara av betydelse att bedöma om tjockleken hos olika cellager kan påverka effekten av värmebehandling.

De medelvärden som användes för att med hjälp av parvisa t-test analysera skillnader i höjdlängd, stambredd, antalet löv och längd hos grodd eller rot gav i flera fall statistiskt signifikanta skillnader mellan obehandlat och behandlade försöksled, men resultaten är svårtolkade. De skillnader i medelvärden som låg till grund för parvisa t-test var i praktiskt hänseende små och gör att betydelsen av resultaten kan diskuteras. Jag anser dock att den signifikanta skillnaden i medelvärden för höjdlängd hos försöksleden låg-lång och sp. låg-lång är värd att notera. Noterbart är också att inga signifikanta skillnader i längd hos grodd eller rot fanns mellan obehandlat led och något behandlat led. Inom samtliga försöksled med plantor och inom enskilda brätten fanns en synbar variation mellan plantor vad gäller höjdlängd, stamdiameter och antalet löv. Jag tror att dessa skillnader främst uppkommit som en följd av att ekollon kan ha grott vid olika tidpunkter och genom konkurrens om ljus och utrymme i brätterna.

Andelen ekollon som endast gav upphov till grodd eller rot var genomgående låg, med undantag av försöksledet sp. låg-lång. Detta avvek från övriga led med 18 % sådder som endast gett upphov till grodd eller rot. Jag har ingen förklaring till detta, men tillväxten hos epikotyl och primrot initieras av olika temperaturer (Suszka et al. 1994). Detta väcker frågan om värmebehandling kan påverka epikotyl och primrot på olika sätt.

Resultatet visar inte vilken eller vilka verkningsmekanismer som gett upphov till påverkan på grobarheten efter värmebehandling. Jag analyserade inte eventuell förekomst av *Ciboria batchiana* eller andra svamparter på de ekollon som ingick i försöket. Det hade varit önskvärt att göra detta i framtida försök. En relativt hög andel sådder i försöksledet sp. låg-lång som endast gav upphov till grodd eller rot, en signifikant lägre höjdlängd hos låg-lång och sp. exo. låg-lång samt en relativt hög andel plantor i låg-kort med fler än 1 stam väcker frågan om värmebehandling vid låg energiintensitet orsakar en inre fysiologisk påverkan.

Andelen ekollon med olika typer av skador och medelvikten hos olika partier av ekollon visade att det redan vid insamlingstillfället fanns skillnader mellan ekollon från olika proveniensers. Andelen ekollon med skador var högst hos ekollon från Kristdala och Oskarshamn, där medelvikten hos partier med 200 stycken ekollon också var lägre än hos

motsvarande antal ekollon från Färjestaden eller Kalmar. Andelen ekollon från Färjestaden och Oskarshamn med sprickor i exocarp var högre jämfört med ekollon från Kalmar och Kristdala. Jag anser att skillnader i klimat och jordmån mellan olika provenienser kan ha bidragit till nämnda skillnader mellan ekollon från olika områden. Inte minst proveniensernas höjd över havet kan vara värd att beakta i sammanhanget. Provenienserna Färjestaden, Kalmar och Oskarshamn är belägna mellan 10 och 13 m ö. h. medan Kristdala är beläget 71 m ö. h.

Medelvikten för 200 ekollon från olika provenienser var olika men i varje försöksled använde jag samma viktandel från samtliga fyra provenienser. Följden bör ha blivit att antalet ekollon från varje proveniens i respektive försöksled inte var lika stor. Enskilda provenienser kan därför ha haft större påverkan på resultatet än andra. I sammanhanget anser jag det vara relevant att notera hur studier av korkek (*Quercus suber*) visat på ett samband mellan storlek hos ekollon och grobarhet, där en större storlek gav en ökad grobarhet (Arosa et al. 2015).

Vid flottering kan friska ekollon flyta upp till ytan. En orsak kan vara att ett ekollon förlorat så pass mycket vatten genom naturlig uttorkning att detta flyter (Johnson et al. 2002). Den flottering som jag genomförde kan ha lett till att en viss andel livskraftiga ekollon sorterades bort, vilket ytterligare kan ha påverkat urvalet av ekollon.

Antalet ekollon som kasserades i samband med sådd var begränsat. Skälen till att ekollon kasserades var främst insektsangrepp och andra yttre skador. Jag såg inget samband mellan dessa skador och genomförd värmebehandling. Dock anser jag det värt att notera att jag inte fann skäl att sortera bort några ekollon hos försöksleden sp. låg-kort, sp. låg-lång, sp. hög-kort och sp. hög-lång.

Skälet till att ekollon utgick från försöket var främst att jag inte kunde hitta dessa när jag i juni 2017 grävde upp sådder där inga plantor kommit upp. Jag tror att fåglar var den främsta orsaken till att ekollon inte kunde hittas. Jag hittade ekollon som delats i två halvor och plantor som ryckts upp. Vid flera tillfällen såg jag duvor som tagit sig in under de skuggnät som använts för att täcka plantorna. Den i jämförelse med andra försöksled höga andelen ekollon i försöksleden hög-kort och sp. hög-kort som inte kunde återfinnas väcker frågor om varför just dessa försöksled tycks ha varit särskilt utsatta för angrepp och hur resultatet sett ut om dessa ekollon funnits kvar. Det fanns ingenting som tydde på att dessa sådder varit mer lättåtkomliga för fåglar än andra försökled.

Ekollon som såtts under hösten gror inte alltid under följande vår. Groning kan ske först under sensommaren eller under följande år (muntl. Löf 2016). När jag grävde upp ekollon som inte gett upphov till plantor fann jag ekollon som med skott som ännu inte nått upp till marknivå. Om jag beräknat grobarhetsprocent vid en senare tidpunkt än juni 2017 är det sannolikt att resultatet påverkats marginellt.

Det var i flera fall svårt att få med hela grodden eller roten när jag grävde upp ekollon som inte utvecklat en planta. Ibland hade rötter växt fast i botten på krukans. Personal vid Södra

Skogsplantor hade redan den 22 mars 2017 noterat att rötter trängt ut genom botten i några krukor. Temperaturen i det kylskåp där sådderna förvarades var +2° C till +3° C. Detta är en högre temperatur än Bonner 2002, Nyholm 1986 och Suszka 1994 rekommenderar för att undvika groning vid lagring. Jag anser att temperaturen i lagret kan ha varit ett skäl till att ekollon började gro redan där.

Värmebehandling har inte tidigare genomförts av ekollon eller andra recalcitranta frön. Jämförelser av påverkan på grobarhet hos ekollon och vitalitet hos plantor efter behandlingsmetoderna värmebehandling, varmvattenbehandling och kemiska bekämpningsmedel förutsätter samma försöksupställning och försöksutsäde. Praktiska och miljömässiga aspekter kan dock tala till fördel eller nackdel för olika metoder.

Varmvattenbehandling är en utrymmeskrävande men från teknisk synvinkel relativt okomplicerad metod som kan användas vid plantskolor. Det är en beprövad men tidskrävande behandling som kan motverka inre angrepp av patogener, motverka *Ciboria batschiana*, förbättra lagringsdugligheten och öka grobarheten. Kemiska bekämpningsmedel kan användas för bekämpning av ytliga patogener på ekollon, men effekten på inre patogener är sämre jämfört med varmvattenbehandling. Hantering och spridning av kemiska bekämpningsmedel kan innebära miljö- och hälsorisker. Värmebehandling förutsätter i jämförelse med varmvattenbehandling och kemiska bekämpningsmedel avancerad teknik som inte är allmänt tillgänglig. En kortare behandlingstid i jämförelse med varmvattenbehandling och frånvaro av de miljö- och hälsorisker kemiska bekämpningsmedel för med sig kan tala till fördel för värmebehandling.

# Tack

Magnus Löf, Eric Agestam, Jan-Eric Englund och Allesandra Salvalaggio, Sveriges Lantbruksuniversitet

Stiftelsen Extensus

Claes Olsson, Kolleberga skogstjänst

Fred Lönnberg, Södra skogsägarna

Göran Örlander, Södra skogsägarna

Henrik Gade Knudsen, Miljø- og Fødevarerministeriet, Naturstyrelsen

Johan Henriksson med personal vid Södra Skogsplantor Falkenberg

Maria Schuck, Incotec

Gustaf Forsberg, ThermoSeedGlobal

Max Jensen, Ramlösa plantskola

Per Hazell, Skogsstyrelsen

Sören Strand, Strömsrum, Ålem

Mina föräldrar, Lars och Jean Norrby samt bröder Leif, Olof och Björn för uppmuntran, synpunkter och praktisk hjälp.

Philip Eriksson, Visby, för hjälp med frågor som rör formatering av text och bild och all hjälp i övrigt med att lösa problem i ordbehandlingsprogram.

Carl Brundin, Visby, för hjälp med frågor som rör tabeller och formatering i Excel.

Bo Hammar, Line, Hörsne, samt Peter Hertelius, Bottängen, Roma, som var för sig läst och kommenterat slutversionen av uppsatsen.

## Referenser

- Aas, G. 1993. *Taxonomical impact of morphological variation in Quercus robur and Q. petraea: a contribution to the hybrid controversy*. Annals of Forest Science 50, Number Supplement, Genetics of oaks.
- Arosa, M., Ceia, R., Costa, S., Freitas, H. 2015. *Factors affecting cork oak (Quercus suber) regeneration: acorn sowing success and seedling survival under field conditions*. Plant Ecology and Diversity 8(4).
- Birkedal, M., Madsen, E. 2007. *Sådd av ek och bok*. Fakta skog 15. Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Bonner, F., Vozzo, J. 1987. *Seed Biology and Technology of Quercus*. General Technical Report SO-66. U.S. Dept of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station.
- Dahlén, L. 2017. *Ekfrämjandets exkursion och studieresa till Tyskland den 16 – 20 september 2016*. Ekbladet 32. Ekfrämjandet.
- Delatour, C. 1978. *Research on a curative method of control of Ciboria batschinna (Zopf) Buchwald on acorns*. Forest Pathology 8(4): 193–200.
- Doody, C., O'Reilly, C. 2008. *Drying and soaking pretreatments affect germination in pedunculate oak*. Annals of Forest Science 65(5): 509–509.
- Ekstrand, A. (red). 2016. *Lövskogsskötsel*. Södra skogsägarna.
- Ekstrand, A. 2017. *Marknaden för lövvirke 2017*. Ekbladet nr 32. Ekfrämjandet.
- Finch, W., Clay, H., Budge, S., Dent, K., Clarkson, P., Whipps, J. 2003. *Biological Control of Sclerotinia pseudotuberosa and Other Fungi During Moist Storage of Quercus robur Seeds*. European Journal of Plant Pathology 109(6): 615-624
- Fiskesjö, O. 2006. *Restaurering av lövskog i Söderåsens nationalpark*. Länsstyrelsen i Skåne Län.
- Hultengren, S., Pleijel, H., Holmer, M. 1997. *Ekjättar – historia, naturvärden och vård*. Naturcentrum.
- Johnson, P., Shifley, S., Rogers, R. 2002. *The Ecology and Silviculture of Oaks*. CABI Publishing.

- Johnsson, L. 2005. *ThermoSeed Bekämpning av utsädesburen smitta i spannmål utan tillsatser. Utvärdering av behandlingseffekter i fält för åren 2003 och 2004*. Sveriges Lantbruksuniversitet Fältforskningsenheten.
- Knudsen, I., Thomsen, K., Jensen, B., Poulsen, K. 2004. *Effects of hot water treatment, biocontrol agents, disinfectants and a fungicide on storability of English oak acorns and control of the patogen, Ciboria batschiana*. Forest Pathology 34(1): 47–64.
- Mossberg, B., Stenberg, L. 1997. *Den Nordiska floran*. Wahlström & Widstrand.
- Nikolic, N., Orlovic, S. 2002. *Genotypic variability of morphological characteristics of English oak (quercus robur L.) acorn*. Proceedings for Natural Sciences, Matica Srpska Novi Sad 102: 53-58.
- Nikolic, N., Merkulov, L., Krstic, B., Pajevic, S., Borisev, M., Orlovic, S. 2010. *Variability of acorn anatomical characteristics in Quercus robur L. genotypes*. Matica Srpska Proceedings for Natural Sciences 118: 47-58.
- Nyholm, I. 1986. *Håndbog o frobehandling*. Dansk Planteskoleerforening.
- Poulsen, K. 1992. *Seed storage physiology of recalcitrant acorns from the pedunculate oak (Quercus robur L.) and orthodox nuts from the European beech (Fagus sylvatica L.)* Royal Veterinary and Agricultural University, Department of Agricultural Sciences.
- Schröder, T., Kehr, R., Procházková, Z., Sutherland, J. R. 2004. *Practical methods for estimating the infection rate of Quercus robur acorn seedlots by Ciboria batschiana*. Forest Pathology 34(3): 187–196.
- Schuck, M. 2012. *Interdependence between seed age and aerated steam treatment intensities*. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Crop Production Ecology.
- Sjöman, H., Slagstedt, J. 2015. *Stadsträdslexikon*. Studentlitteratur.
- Steinhoff, S. 1993. *Results of species hybridization with Quercus robur L and Quercus petraea (Matt) Liebl*. Annals of Forest Science 50:137-143.
- Suszka, B., Muller, C., Masimbert, M. 1994. *Seeds of forest broadleaves from harvest to sowing*. Institut National de la Recherche Agronomique.
- Tadeusiewicz, R., Tylek, P., Adamczyk, F., Kielbasa, P., Jablonski, M., Pawlik, P., Pilat, A., Walczyk, J., Szczepaniak, J., Juliszewski, T., Szaroleta, M. 2017. *Automation of the Acorn Scarification Process as a Contribution to Sustainable Forest Management. Case Study: Common Oak*. Sustainability 9.



Vedel, H., Dahl, J. 2002. *Skogens träd och buskar*. Prisma.

Vettraino, A., Paolacci, A., Vannini, A. 2004. *Endophytism of Sclerotinia pseudotuberosa: PCR assay for specific detection in chestnut tissues*. Mycological Research 109 (1): 96-102.

Widen, B., Widen M., 2008. *Botanik, systematik, evolution, mångfald*. Studentlitteratur.

Xiaogai, H., Xianfeng, Y., Yueqin, Y., Wenjing, L. *Acorn germination and seedling survival of Q. variabilis; effects of cotyledon excision*. Annals of Forest Science 67.

## **Muntliga källor**

Alness, Kenneth. 2016. Lantmännen Bioagri

Forsberg, Gustaf. 2017. ThermoSeed Global

Gade Knudsen, Henrik. 2016. Miljø- og Fødevarerministeriet Nordsjælland

Henriksson, Johan. 2016, Södra skogsplantor

Jensen, Max. 2016. Ramlösa plantskola

Löf, Magnus. 2016. Sveriges Lantbruksuniversitet

Olsson, Claes. 2016. Kolleberga skogstjänst

Schuck, Maria. 2016. Incotec

Örlander, Göran. 2016. Södra

## Tabellbilaga

Tabellbilaga 1. Grobarhetsprocent, beräknat utifrån summan av antalet ekplantor och antalet ekollon som endast gett upphov till en grodd eller utvecklat en rot i juni 2017

<b>Försöksled</b>	<b>Grobarhetsprocent</b>
obehandlat led	88,4
låg-kort	96,1
låg-medel	97,0
Låg-lång	79,0
hög-kort	2,7
hög-lång	0,0
sp. låg-kort	99,0
sp. låg-lång	78,5
sp. hög-kort	3,4
sp. hög-lång	0,0

Tabellbilaga 2. Procentandel ekollon med skador samt procentandel ekollon med sprickbildning i exocarp vid sortering i november 2016.

<b>Proveniens</b>	<b>Procentandel ekollon med skador</b>	<b>Procentandel ekollon med sprickor i exocarp</b>
Färjestaden	1	69
Kalmar	6	32
Oskarshamn	16	45
Kristdala	16	29

Tabellbilaga 3. Vikten hos partier av 200 ekollon från olika provenienser som valdes ut slumpmässigt i november 2016 efter det att skadade ekollon sorterats bort.

<b>Proveniens</b>	<b>Vikt (g) 200 ekollon</b>
Färjestaden	890
Kalmar	940
Oskarshamn	718
Kristdala	702

Tabellbilaga 4. Andel ekollon i respektive försöksled som inte kunde hittas i juni 2017 när jag grävde upp ekollon som inte gett upphov till en planta

Försöksled	Antal sådder	Antal ekollon som inte återfunnits	Procent av antal sådder
obehandlat	1024	14	1,3
låg-kort	239	7	2,9
låg-medel	240	4	1,6
låg-lång	240	16	6,6
hög-kort	252	37	14,6
hög-lång	247	20	7,2
sp. låg-kort	100	0	0,0
sp. låg-lång	100	2	2,0
sp. hög-kort	100	12	12,0
sp. hög-lång	100	1	1,0
<i>Summa/medel</i>	<b>2642</b>	<b>113</b>	<b>4,0</b>

## Bilddilaga



**Bild 1.** Svampangrepp på ekollon kan yttra sig som längsgående sprickor där underliggande cellskikt övergått i en mörk färg. Bilderna visar samma ekollon som delats på hälften. Foto förf. 2016.



**Bild 2.** Insektsangrepp och mekaniska skador kan sekundärt ge förutsättningar för svampar att angripa ekollon. Foto förf. 2016.



**Bild 3.** Synliga sprickor i exocarp ovan groddanlaget uppkom av okänd orsak hos ett betydande antal ekollon under lagringstiden före värmebehandling. Foto förf. 2016.



**Bild 4-5. Bilderna visar den cylinder som användes för värmebehandling av ekollon. Foto förf. 2016.**



**Bild 6-7. Bilderna visar ekplantor som uppkommit från värmebehandlade respektive obehandlade försöksled. I bild nr 7 är det endast ramen närmast i bild som innehåller ekplantor. Foto förf. 2017.**



**Bild 8. Odling i brätten kan innebära konkurrens mellan plantor om ljus och utrymme.  
Foto förf. 2017.**